

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Pengertian Komposit

Kata komposit dalam pengertian bahan berarti komposit terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda, yang berbeda atau dicampur secara makroskopis. Composite berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Dalam istilah sederhana ini mengacu pada kombinasi dua atau lebih material yang berbeda. Material komposit biasanya terdiri dari dua elemen, yaitu serat yang berfungsi sebagai pengisi dan bahan pengikat serat yang disebut matriks. Pada material komposit, material utama yaitu serat, dan material pengikat adalah material polimer yang mudah dibentuk dan memiliki daya ikat yang kuat [7].

Dibandingkan dengan material logam, material komposit memiliki beberapa keunggulan, berikut beberapa kelebihan bahan komposit yaitu:

- 1) Terdapat sifat kekuatan dan kekakuan yang baik.
- 2) Material komposit dibuat untuk menghindari karat.
- 3) Material komposit bisa menambah penampilan dan lebih halus pada permukaan.
- 4) Bahan baku yang mudah diperoleh dengan harga lebih murah [8].

2.1.2 Bahan Utama Penyusun Komposit

Material komposit didefinisikan sebagai kombinasi lebih dari satu material dengan bentuk dan komposisi kimia yang berbeda, dan tidak dapat larut antar material, salah satu material digunakan sebagai material penguat dan material lainnya digunakan sebagai pengikat untuk menahan elemen-elemen tersebut. Secara umum, ada dua jenis utama bahan komposit, yaitu *matriks* dan *reinforcement* [9].

a. *Matriks*

Komponen penyusun dengan fraksi volume terbesar. *Matriks* secara umum lebih fleksibel, tetapi kekakuan dan kekuatan pada matriks kurang baik. Paling utama *matriks* yang dibutuhkan pada material komposit harus mampu membawa beban, jadi serat harus dapat menempel pada *matriks* dan serat serta matriks harus kompatibel, artinya tanpa adanya gangguan reaksi. Biasanya yang dipilih *matriks* dengan ketahanan panas.

Fungsi pada *matriks* yaitu:

- 1) Mentransfer tegangan ke serat.
- 2) Membentuk ikatan yang berhubungan.
- 3) menjaga serat.
- 4) Tautan serat untuk kinerja yang baik.
- 5) Memutuskan ikatan.
- 6) Tetap stabil sesudah proses manufaktur [10].

b. Penguat (*Reinforcement*)

Bagian dari komposit salah satunya yaitu *reinforcement* (penguat) memiliki fungsi sebagai daya dukung utama dalam komposit. Untuk menentukan kekuatan mekanik dari komposit memerlukan orientasi dan kandungan pada serat. Faktor perbandingan matriks dengan serat juga sangat menentukan dalam menambahkan karakteristik sifat mekanik suatu produk yang terbentuk. Umumnya serat ada 2 jenis, serat alam dan sintetik. Serat alam merupakan serat yang bisa diperoleh langsung dari alam atau sangat mudah didapatkan, umumnya serat organik yang dapat diperoleh dari tumbuhan dan hewan. Ada beberapa serat alam yang sudah banyak dimanfaatkan oleh manusia, antara lain yaitu ijuk, aren, goni (Kenaf), eceng gondok, nanas, dan sabut kelapa. Untuk serat sintetik yang biasa dimanfaatkan oleh manusia yaitu Fiberglass, Carbon, Nylon, dan Alumunium [11].

2.1.3 Wood Plastic Composite (WPC)

Wood plastic Composite (WPC) didefinisikan sebagai bahan yang mengandung kayu seperti serat, partikel yang dikombinasikan dengan polimer untuk membuat bahan komposit. *Wood plastic composite* paling awal muncul hampir abad yang lalu di mana menggunakan tepung kayu dengan fenol formaldehida untuk membuat bahan komposit yang digunakan sebagai tombol perpindahan gigi mobil. Referensi awal untuk menggabungkan serbuk gergaji kayu dengan resin termoplastik melalui pemrosesan ekstrusi muncul lebih dari 60 tahun yang lalu [12]. Bahan-bahan komposit ini relatif baru, di mana serat atau pengisi alami (seperti tepung kayu, serat kenaf, rami, sisal, dll.) dicampur termoplastik seperti polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinil klorida (PVC). Serat alami memiliki kepadatan lebih rendah, lebih sedikit abrasif, biaya lebih rendah, dan dapat diperbarui serta dapat terurai. Secara global, telah diidentifikasi sekitar 100 perusahaan yang terlibat dalam manufaktur WPC. Dalam pembuatan WPC, plastik baru yang biasa digunakan seperti HDPE, LDPE, PP dan PVC. Untuk plastik baru, plastik daur ulang apa pun yang meleleh dan dapat diproses di bawah suhu (200 °C), biasanya cocok untuk membuat WPC [13].

Bentuk akhir dari produk *wood plastic composite* (WPC) umumnya dihasilkan melalui proses ekstrusi. Oleh karena itu, efisiensi bahan baku dimaksimalkan dan memberi keleluasaan dalam desain untuk meningkatkan kinerja ikatan, pengerasan, penguatan, penyelesaian dan penyambungan. Material komposit kayu plastik memiliki stabilitas dimensi tinggi, tahan cuaca, tahan air, tahan rayap, sehingga cocok untuk aplikasi luar ruangan. Dari segi biaya, material komposit kayu plastik bisa digunakan sebagai pengganti kayu seperti (furnitur, profil dekoratif dll) dan bisa digunakan sebagai pengganti plastik seperti (pelindung kabel, produk atap dll. Selain itu bahan komposit kayu plastik murah dan melimpah [14].

2.1.4 Coupling Agent

Salah satu cara penggunaan sampah plastik melalui pembuatan wood plastic composites (WPC). WPC merupakan campuran plastik sebagai matriks atau pengikat dan kayu sebagai penguat (reinforcement) dalam bentuk serbuk atau serat. unsur penting lainnya dalam pembuatan WPC adalah *coupling agent*. Peran *coupling agent* untuk meningkatkan ikatan antara bahan matriks dan bahan penguat, agar membuat bahan komposit berkinerja lebih baik. *Coupling agent* juga mencegah pembentukan gumpalan karena pencampuran serat dan matriks yang tidak merata. Jenis *coupling agent* yang bisa dijadikan dalam membuat WPC sangat beragam, dalam memilih *coupling agent* pada pembuatan WPC ditentukan oleh jenis pairing plastik dan bahan penguatnya [15]. *Coupling agent* yang berupa maleat anhidrida (MA) digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik komposit campuran HDPE daur ulang dan sekam padi [16]. Maleat anhidrat (MA) sebagai *coupling agent* pada komposit serat karbon/epoksi yang bertujuan untuk meningkatkan daya adhesi antara matrik dengan interface sehingga komposisi komposit semakin kuat [10].

2.1.5 Polimer

Polimer merupakan bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. Jika monomernya sama disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda disebut kopolimer [17]. Plastik, film, serat, bahan yang paling sering digunakan dalam keseharian manusia yang memiliki beban molekul di atas 10.000. Bahan yang memiliki beban molekul lebih besar yaitu polimer. Karena jumlah atom yang membentuknya jauh lebih banyak dari pada senyawa dengan berat atom rendah, sehingga struktur dan sifatnya menjadi rumit [18].

Bahan polimer dikelompokkan menjadi dua sebagai berikut:

a. Termoplastik

Plastik tersebut terdapat ikatan linier antara monomer penyusun, sehingga struktur kimia relatif kurang stabil. Jenis plastik ini adalah salah satu yang dapat dilunakkan (recycle) berulang kali dengan pemanasan. Termoplastik meleleh pada temperatur tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan memiliki sifat dapat balik (reversible) terhadap sifat asli, yaitu menjadi keras lagi setelah pendinginan. Sifat termoplastik meliputi densitas antara 1,06 dan 1,42 kg/m³, selain itu termoplastik memiliki ketahanan suhu hingga 260 °C, tahan korosi dan mudah dibentuk. Contoh termoplastik ini adalah *resin polietilen (PE)*, *resin polipropilen (PP)*, *resin polistirena (PS)*, *resin polimetil metakrilat (PMMA)*, *resin polivinil klorida (PVC)*, *resin polivinil asetat Ester*, *polivinil alkohol* dan *resin polivinil asetal*. *Polioksimetilen (POM)*, *resin poliamida (nilon)* dan *resin polikarbonat (PC)* [19].

b. Termoset

Termoset adalah jenis plastik yang biasa dimanfaatkan untuk membuat komposit yang diperkuat serat atau serbuk. Termoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (ireversibel), bersifat tetap berbentuk cetakan pertama kali pada waktu pembuatan, dan setelah mengeras, bahan tersebut tidak dapat didaur ulang lagi. Jika rusak atau pecah, tidak bisa dihubungkan kembali atau diperbaiki. Penggunaan temperatur yang besar tidak akan melunakkan termoset, tetapi akan gosong dan mengarang dan terurai karena memiliki sifat yang sering dimanfaatkan sebagai tutup ketel, seperti sejenis melamin. Termoset tidak bisa diolah lagi dikarenakan, selain sulit ditangani, volumenya lebih rendah, sekitar 10% dibandingkan volume termoplastik. Contoh plastik termoset adalah bakelite, antara lain: peralatan fotografi, asbak, steker, fitting lampu, radio [20].

2.1.6 Kayu Nangka

Pohon nangka umumnya berukuran sedang, dan pohon nangka tingginya sekitar 20-30 meter. Batang pada pohon nangka merupakan pohon berkayu keras, berbentuk silinder, berdiameter hingga sekitar 1 meter. Memiliki tajuk padat, lebat yang juga lebar dan bulat saat ditempat terbuka [21]. Pada zaman dahulu, kayu nangka sering digunakan untuk membuat rumah kayu jawa yang mengesankan dan enak dipandang karena pola polesnya menyerupai kayu jati. Kayu nangka cukup banyak digunakan untuk bahan baku industri mebel dan kerajinan karena mudah diolah dan harga yang relatif murah. Kayu nangka kualitas terbaik ditemukan pada pohon nangka tua, dikarenakan bagian tengah (galih) pohon bisa berwarna kuning pekat. Salah satu keunggulan kayu nangka terdapat pada warna kayu tidak berubah walaupun pohon nangka mati dan tidak ditebang selama bertahun-tahun. Keistimewaan lain dari kayu nangka itu sendiri tidak mudah terserang rayap dan jamur juga memiliki kekuatan yang tinggi.

2.1.7 Plastik Daur Ulang Sebagai Matriks

Sebagian besar di indonesia daur ulang plastik bekas yang digunakan lagi sebagai produk asli berkualitas rendah. Penggunaan daur ulang plastik untuk dijadikan material bangunan masih sedikit. Tahun 1980-an, di Inggris dan Italia, dalam pembuatan tiang telepon sudah tidak menggunakan tiang kayu atau logam melainkan sudah memanfaatkan daur ulang plastik. Di Swedia, daur ulang plastik digunakan untuk membuat batu bata plastik sebagai pembangunan gedung bertingkat karena lebih ringan dan kuat dari batu bata yang biasa digunakan [22].

Penggunaan daur ulang plastik di Indonesia di bagian material komposit serbuk gergaji masih dalam proses penelitian. Ada dua strategi dalam proses membuat komposit kayu dengan menggunakan plastik, pertama plastik dijadikan sebagai binder sedangkan kayu sebagai komponen utama, kedua kayu dijadikan bahan pengisi/*filler* dan plastik

sebagai matriksnya. Penggunaan plastik *polipropilena* daur ulang untuk perekat *termosetting* pada pembentukan papan partikel, hasil yang diperoleh mempunyai kestabilan dimensi dan kekuatan mekanik lebih tinggi, dibandingkan dengan papan partikel pada umumnya. Dalam pembuatan material komposit kayu plastik daur ulang, beberapa polimer termoplastik dapat digunakan sebagai *matriks*, tetapi dibatasi oleh suhu awal dekomposisi dan pemanasan kayu yang rendah (sekitar 200 °C) [23].

2.1.8 Perbandingan Pencampuran Spesimen

Perbandingan campuran yang digunakan pada pembuatan spesimen ini menggunakan standart ASTM D 638 tipe II sehingga pembuatan dengan range berat total sampel 100 gram.

Tabel 2.1 Perbandingan campuran pada penelitian [24]

Spesimen	Variasi Volume	
	HDPE	Serat Ampas Tebu
1	60 %	40 %
2	50 %	50 %
3	40 %	60 %

Berdasarkan tabel 2.1 penulis menggunakan perbandingan tersebut untuk acuan dan perbandingan dalam penelitian ini, dimana pada penelitian yang akan dilakukan menggunakan 4 jenis bahan yaitu PET dan Serbuk Kayu Nangka serta tambahan bahan kimia menggunakan larutan xilena 10% dan (MA) maleat anhidrida 10%.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Dalam bidang manufaktur, banyak sekali jenis material yang telah diuji, pengujiannya dimulai dengan pengujian bending, pengujian impact, pengujian tarik, pengujian fleksibilitas, dll, namun dalam penelitian ini akan

mencoba menyelidiki bahan baru yang pembuatannya dari Plastik PET dan serbuk kayu nangka menggunakan uji tarik.

Bambang Margono dkk melakukan percobaan dengan judul “Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Plastik Hdpe Berpenguat Serat Ampas Tebu Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Dan Bending”. Percobaan telah dikerjakan untuk menganalisis sifat mekanis komposit serat alam yang terbuat dari HDPE dan serat ampas tebu sebagai penguat. Komposit dibuat menggunakan sintering bertekanan dengan perubahan fraksi volume pada matriks dan reinforced 40% : 60%, 50% : 50%, dan 60% : 40%. Percobaan ini menjelaskan jika persentase serat ampas tebu mempengaruhi kekuatan tarik dan lentur komposit. Meningkatnya volume bagian berserat ampas tebu mempengaruhi pembentukan rongga pada komposit, sehingga terjadi menurunnya kekuatan. Kekuatan tarik terbesar terdapat pada komposisi plastik HDPE dan serat ampas tebu sebesar 60% : 40% dengan hasil rata-rata 15.5 MPa. Sedangkan kekuatan bending terbesar terdapat pada komposisi HDPE dan serat ampas tebu sebesar 60% : 40% dengan hasil rata-rata 16.8 MPa [24].

Penelitian selanjutnya oleh I Gusti Ketut Puja yang berjudul “Studi Kekuatan Tarik dan Koefisien Gesek Bahan Komposit Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati Dengan Matriks Epoxy”. Percobaan yang dilakukan adalah serbuk kayu jati dibuat bersuhu 200 dan 300 derajat Celcius sekitar 2 jam. Dengan mengubah komposisi jenis arang kadar filler nilai tetap 40%, digunakan dua jenis arang sebagai komposit pengisi. Kemudian material komposit tersebut dikerjakan dengan pengujian tarik dan diukur koefisien geseknya dengan plat logam. Kemudian menambah macam-macam kandungan filler atau partikel dari 27%, 36%, 45%, dan 54%, material komposit dibuat untuk menambah kuat tarik dan gaya gesek agar lebih baik. Material komposit dibuat menggunakan metode *hydraulic compression moulding*. Bentuk dan geometri pada benda pengujian tarik menggunakan standar ASTM D 638. Dan hasil percobaan bisa diambil kesimpulan bahwa

diantara perubahan komposisi jenis arang, menggunakan cara pengurangan 200 memiliki koefisien gesek dan kuat tarik yang paling tinggi [25].

Penelitian yang dilakukan oleh Farid Mulana dengan judul “Pengaruh Kombinasi Ma/Mape Sebagai Coupling Agent Dalam Pembentukan Sekam Padi Dan Daur Ulang Hdpe Berbasis Komposit”. Tujuan pada penelitian ini untuk mengetahui efek penambahan double coupling agent maleat anhidrida (MA) dan polietilen anhidrida maleat (MAPE) terhadap kualitas komposit yang dihasilkan. Dalam penelitian ini perbandingan MA dan MAPE yang diterapkan adalah 1:1; 1:2 dan 2:1. Metode tekan panas digunakan untuk membentuk komposit ini. Proses pembentukan komposit dilakukan pada suhu sedang 170 °C selama 30 menit. Setelah ditekan secara manual dan dipanaskan pada suhu ini, sampel komposit kemudian didinginkan ke ruangan suhu alami, dan akhirnya komposit diuji untuk memahami sifat mekanis kekuatan tarik dan lenturnya kekuatan dan daya serap air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan MA dan MAPE secara simultan sebagai ganda coupling agent dapat meningkatkan kualitas komposit yang dihasilkan. Jumlah MAPE yang ditambahkan dalam kopling MA agen mempengaruhi baik nilai kekuatan tarik dan kekuatan ikatan komposit. Karakteristik yang serupa juga terjadi pada sifat penyerapan air pada komposit terendam. Dengan penambahan MAPE dan MA bersama-sama maka keduanya coupling agent meningkatkan daya rekat ikatan antara matriks dan filler menjadi lebih kuat dan rapat. Nilai tertinggi dari kuat tarik sebesar 5,75 MPa diperoleh pada perbandingan komposit MA:MAPE= 1:2. Sedangkan nilai bending tertinggi kekuatan 4,1 MPa juga diperoleh pada komposit dengan rasio yang sama. Penyerapan air tertinggi dari yang dihasilkan komposit ditemukan pada komposit dengan penambahan rasio MA:MAPE=2:1 yaitu 9,4% [16].

2.3 Jenis Bahan Yang Digunakan.

Ada banyak jenis matriks dapat dimanfaatkan dalam pengujian atau penelitian, namun jenis matriks yang dimanfaatkan dalam pengujian ini yaitu PET (*Polypropylene Terephthalate*), serbuk kayu nangka, Xilena, dan MA.

2.3.1 PET/PETE (*Polypropylene Terephthalate*)



Gambar 2.1 Simbol dan Gambar Plastik PET

Polypropylen terephthalat (PET) merupakan polimer plastik dari kelompok poliester yang dibuat dengan cara komersial menggunakan produk kondensasi, yang dicirikan oleh sejumlah besar ikatan ester yang disalurkan ke sepanjang rantai utama polimer. *Polypropylen terephthalat* (PET) digunakan sebagai material utama untuk plastik botol seperti gambar 2.1. Polimer dalam plastik botol memiliki sifat termal, fleksibilitas, tahan mikroba, ringan, dan tahan korosi [26].

Sifat-sifat yang dimiliki PET engineer resin yaitu:

- a. Memiliki kekuatan tinggi, kekakuan tinggi, stabilitas dimensi, ketahanan kimia dan tahan panas, dan memiliki sifat listrik yang baik. PET mempunyai tingkat penyerapan uap air dan air yang rendah.
- b. PET dapat dilakukan dengan proses ekstrusi pada suhu besar 150-250 °C, selain itu juga bisa diproses menggunakan teknologi injection molding dan blow moulding. Sebelum proses cetak, resin PET harus dikeringkan (kadar air maksimal 0,02%) untuk menghindari hidrolisis selama proses percetakan. PET memiliki berbagai kegunaan, antara lain: botol air mineral, botol minuman ringan, botol kemasan sirup, botol saus, dan botol selai [17].

Plastik yang bisa dilakukan pelelehan dan pembentukan berulang-ulang (recycling) dengan memanaskan dengan suhu tinggi disebut

thermoplastik. Temperatur leleh pada setiap jenis thermoplastik dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Titik leleh proses thermoplastik

Sumber: [17].

No	Material	Titik Leleh (°C)
1	ABS	180 – 240
2	Acetal	185 – 225
3	Acrylic	180 – 250
4	Nylon	260 – 290
5	Poly Carbonat	280 – 310
6	LDPE	160 – 240
7	HDPE	200 – 280
8	PP	200 – 300
9	PS	180 – 260
10	PET	100 – 180
11	PVC	160 – 180

2.3.2 Larutan Xilena



Gambar 2.2 Larutan Xilena

Xylene berbentuk cairan tidak berwarna dihasilkan dari minyak bumi atau aspal cair. Xylene juga merupakan hidrokarbon aromatik yang banyak dijadikan sebagai pelarut dalam industri. Fungsi xilena antara lain sebagai pengencer cat, minyak pernis, pelarut karet pada industri ban, pembuatan kertas dan produksi percetakan, pelarut pada industri plastik, dan sebagai komponen bensin dan bahan bakar minyak. Kemudian campuran para-xilena, meta-xilena dan orto-xilena digunakan untuk menghasilkan asam isoftalat dan asam tereftalat, yang paling umum digunakan adalah p-xilena dan orto-xilena yang mempunyai titik didih antara 137 – 144 °C. Selain itu, di bidang parasitologi, digunakan untuk pembuatan sediaan berkualitas tinggi untuk proses penghilangan [27].

2.3.3 MA (Maleat Anhidrida)



Gambar 2.3 MA (Maleat Anhidrida)

Maleat anhidrida merupakan senyawa organik dengan rumus molekul ($C_6H_6O_3$), seperti pada gambar 2.3 maleat anhidrida merupakan *intermediate product*, berarti produk yang dapat digunakan untuk bahan baku untuk produk lain. Maleat anhidrida terdapat banyak kegunaan dalam bidang industri [10]. Maleat anhidrida adalah senyawa vinil tak jenuh yang termasuk bahan mentah untuk sintesis resin poliester, pelapis permukaan pada karet, deterjen, bahan aditif, minyak pelumas, dan kopolimer. MA bersifat kimia yang kusus yaitu didalamnya terdapat ikatan vinil dengan

gugus karboksil yang memiliki peran pada reaksi adisi. Berat molekul MA adalah 98,06, larut dalam air, titik leleh 57,60, dan titik didih 202°C [28].

2.3.4 Serbuk Kayu Nangka



Gambar 2.4 Serbuk Kayu Nangka

Limbah industri dimana dapat kita jumpai pada proses penggergajian seperti gambar 2.4. Serbuk kayu nangka kebanyakan dibuang begitu saja dan pemanfaatannya masih kurang.

Serbuk gergaji kayu nangka cukup mudah diperoleh, dan permintaan kayu nangka juga banyak untuk bahan bangunan dan furnitur. Dengan permintaan kayu nangka yang besar, maka perusahaan dan usaha kecil menengah pengolahan kayu semakin meningkat. Limbah gergaji yang di peroleh juga semakin besar. Pemanfaatan serbuk gergaji yang sangat jarang, dan biasanya hanya digunakan sebagai kayu bakar. Limbah gergaji kayu nangka juga bisa diperoleh dari pedesaan. kayu nangka banyak ditemukan di pedesaan karena populasi pohon nangka tumbuh subur di pedesaan. Oleh karena itu, di pedesaan banyak terdapat serbuk gergaji kayu nangka yang hanya bisa dijadikan limbah [4].

2.4 Jenis Mesin Yang Digunakan Untuk Pengujian

Pada penelitian ini, metode uji tarik digunakan untuk melakukan pengujian untuk memahami tingkat keuletan bahan struktur yang tersusun dari komposisi PET (*Polypropylene Terephthalate*), serbuk kayu nangka, xilena, dan MA.

2.4.1 Mesin Uji Tarik

Mesin pengujian tarik dipergunakan sebagai pengujian kekuatan tarik (tensile test), pengujian digunakan untuk memahami tingkat kekuatan pada benda dan mengidentifikasi karakteristik benda, seperti gambar 2.5 pengujian ini memanfaatkan mesin uji tarik merek *TRIPOD* bertipe AEV.



Gambar 2.5 Mesin Uji Tarik

Spesifikasi :

Rentang kecepatan uji	: 0 ~ 200 mm / menit
Dimensi mesin (panjang x lebar x tinggi)	: 44x37x69 cm
Berat kotor mesin	: 41 kg
Stroke maksimum	: 220 mm

2.4.2 Mesin Uji Struktur Mikro

Mesin uji struktur mikro berfungsi untuk memahami struktur pada benda hasil pengujian tarik dan memahami perubahan struktur setelah dilakukan pengujian tarik, seperti pada gambar 2.6 pengamatan struktur mikro dengan penggunaan mesin Metallurgical Microscope 4XC.



Gambar 2.6 Mesin Uji Struktur Mikro

Spesifikasi :

Merk	: Metallurgical Microscope
Tipe	: 4XC
Lensa	: Bidang lebar WF10X
Tabung eyepiece	: Trunocular, Inklinasi 30°

2.5. Rumus Pengujian

2.5.1 Uji Tarik

Saat spesimen diuji tarik, panjangnya bertambah sampai putus. Agar bisa menghitung kekuatan tarik, regangan dan modulus elastisitas dari pengujian ini, rumus yang digunakan sebagai berikut.

a. Tensile Strenght

Kekuatan tarik bisa dijelaskan sebagai gaya per satuan luas benda yang memperoleh gaya tersebut. Untuk mendapatkan kekuatan tarik pada benda, yang digunakan rumus sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

σ = Kekuatan tarik (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (mm²) = lebar x tebal

b. Tensile Strain

Tensile strain merupakan perubahan ukuran panjang pada suatu bahan selesai proses pengujian tarik, maka hasil uji tarik tersebut bisa untuk mencari nilai regangan bahan tersebut. Untuk menghitung regangan, dapat digunakan rumus sebagai berikut.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

ϵ = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang mula-mula (mm)

c. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan perbandingan tegangan (*stress*) terhadap regangan (*Strain*). Dalam mencari nilai modulus elastisitas, dapat dipergunakan rumus sebagai berikut [29].

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas (MPa)

σ = Tegangan (MPa)

ϵ = Regangan (%)